

STUDI PENGARUH BENTUK BULBOUS BOW TERHADAP TAHANAN KAPAL LAYAR MOTOR TRADISIONAL MELALUI UJI MODEL

SKRIPSI

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Univesitas Hasanuddin*



HARNITA

D311 06 002

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

JURUSAN PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2011

ABSTRAK

Harnita. “ Studi Pengaruh Bentuk Bulbous Bow Terhadap Tahanan Kapal layar Motor Tradisional Melalui Uji Model.” (dibimbing oleh : Mansyur Hasbullah dan Rosmani)

Kapal layar motor tradisional merupakan merupakan salah satu dari kapal kayu. Kapal layar motor tradisional pada umumnya tidak menggunakan bulbous bow, sedangkan telah diketahui bahwa penggunaan bulbous bow dapat mengurangi tahanan. Penelitian ini merupakan pengujian model kapal dengan bulbous bow standar. Pengujian dilakukan pada *towing tank* di Laboratorium Hidrodinamika Universitas Hasanuddin yang akan dilanjutkan dengan perhitungan tahanan dan daya efektif kapal yang akan dibandingkan dengan hasil perhitungan *maxsurf* yang menggunakan metode *holtrop*. Hasil tahanan dan daya efektif kapal yang diperoleh dari hasil laboratorium pada kecepatan 10 knot adalah 283,857 kN dan 1985 Hp untuk bulbous bow standar dan 270 kN dan 1400 Hp untuk modifikasi bulbous bow, sedangkan untuk hasil *maxsurf* adalah 46,308 kN dan 319,47 Hp untuk bulbous bow standar dan 45,402 kN dan 313,92 Hp untuk modifikasi bulbous bow.

Kata Kunci : Bulbous Bow, Tahanan Kapal, dan Daya Efektif Kapal.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kapal merupakan armada laut yang berfungsi untuk memindahkan barang/penumpang dari suatu tempat ke tempat yang lain, baik itu pelayaran nusantara maupun pelayaran internasional (samudera).

Salah satu bentuk kapal yang kita kenal berdasarkan bahan pembuatannya adalah kapal kayu. Kapal kayu adalah kapal tradisional yang bahan utama menggunakan kayu, serta dilengkapi motor dan layar. Kapal pinisi (kapal layar motor tradisional) merupakan salah satu dari kapal tersebut. Telah kita ketahui bahwa kapal layar motor tradisional pada umumnya tidak dilengkapi dengan bulbous bow, sedangkan penggunaan bulbous bow pada kapal dapat mengurangi nilai tahanan yang terjadi.

Berdasarkan penelitian terdahulu (Samaluddin, 2010), menyatakan bahwa besarnya pengurangan tahanan kapal layar motor tradisional setelah menggunakan bulbous bow modifikasi sebesar 23,1% jika dibandingkan dengan kapal tanpa bulbous bow.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini kami akan mencoba mengevaluasi besarnya nilai tahanan kapal layar motor tradisional jika menggunakan bulbous bow standar. Oleh karena itu, kami akan tuangkan

dalam tulisan yang berjudul “**Studi Pengaruh Bentuk Bulbous Terhadap Kapal Layar Motor Tradisional Melalui Uji Model**”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan, yaitu :

1. Berapa besar nilai tahanan dan daya efektif kapal layar motor tradisional jika menggunakan bulbous bow standar?
2. Berapa besar perbandingan nilai tahanan dan daya efektif kapal layar motor tradisional, antara kapal yang menggunakan bulbous bow standar dengan modifikasi bulbous bow?

1.3. Batasan Masalah

Karena luasnya cakupan masalah dari penelitian ini maka penulis membatasi ruang lingkup permasalahan, yaitu :

1. Uji model hanya dilakukan pada model lambung bentuk bulbous bow.
2. Tahanan dan daya efektif kapal ditentukan dengan menggunakan uji model.
3. Metode *Holtrop (Maxsurf)* dijadikan sebagai pembanding.
4. Besarnya pembebanan digunakan sesuai dengan percobaan sebelumnya dengan penambahan beban sebesar 200 gram.
5. Tidak terikat dengan suhu air pada saat percobaan.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui besarnya tahanan kapal layar motor tradisional jika menggunakan bulbous bow standar.
- b. Untuk mengetahui perbandingan nilai tahanan kapal layar motor tradisional, antara yang menggunakan bulbous bow standar dengan bulbous bow modifikasi.

1.4.2. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- a. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pembuatan kapal dengan menggunakan bulbous bow.
- b. Dapat dijadikan bahan referensi bagi mahasiswa tentang manfaat pemasangan bulbous bow pada kapal layar motor tradisional.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulisan ini adalah :

- BAB I Menguraikan tentang latar belakang, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
- BAB II Memaparkan tentang teori-teori yang mendukung penelitian ini yang terdiri dari definisi kapal layar tradisional, tahanan kapal,

bulbous bow, tahanan model dan tahanan kapal, towing tank, dan perhitungan dengan aplikasi *Maxsurf*.

BAB III Membahas tentang tata cara pelaksanaan penelitian yang terdiri dari waktu dan lokasi penelitian, jenis penelitian, jenis data dan teknik pengambilan data, metode analisa data, dan kerangka pemikiran.

BAB IV Berisikan analisa dan pembahasan yang terdiri dari persiapan percobaan, perhitungan kecepatan, volume dan displasement kapal, data hasil percobaan, perhitungan tahanan dan daya efektif kapal, dan perhitungan tahanan model dari hasil percobaan.

BAB V Berisikan kesimpulan dan saran-saran dari penulis tugas akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Defenisi Kapal Layar Motor Tradisional

Kapal layar motor tradisional dalam hal ini kapal pinisi, merupakan kapal tradisional masyarakat Indonesia yang berasal dari suku Bugis – Makassar dan umumnya digunakan untuk pengangkutan barang antar pulau.

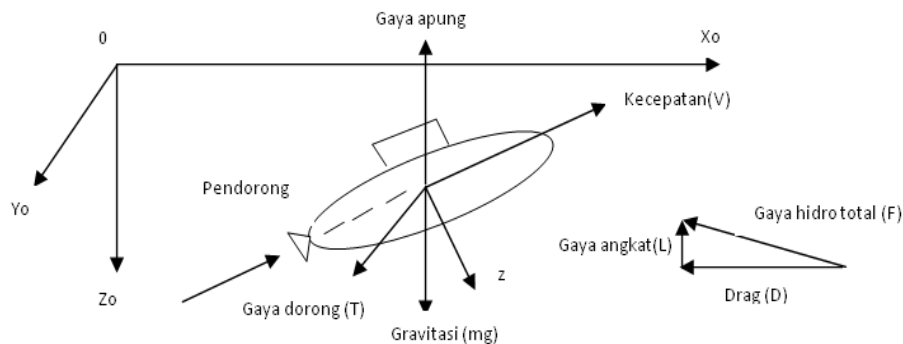
Menurut Jinca (2002), kapal kayu adalah kapal yang dibuat dari kayu sebagai bahan utamanya, serta dilengkapi dengan alat penggerak berupa mesin penggerak (motor) atau alat lainnya seperti layar.

2.2. Tahanan Kapal

Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, sehingga biasa juga disebut gaya *hydrodinamika*. Gaya *hydrodinamika* ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air.

Gerakan kapal di fluida bekerja seperti sistem sumbu orthogonal yaitu 3 (tiga) buah sumbu x, y, dan z, ditempatkan sedemikian rupa, pusat sumbu

berimpit dengan titik berat kapal. Bidang x, dan y satu bidang dengan permukaan bumi (sejajar).



Gambar 2.1 Gerak kapal

Gerakan kapal dibebani 4 (empat) gaya yang tidak tergantung satu sama lainnya :

1. Gaya hidrostatis yaitu massa kali percepatan gravitasi bumi (mg).
2. Hambatan hidrostatis (gaya apung) F_A atau γv . Seperti halnya mg , tekanan atau gaya ini selalu sejajar dengan Z_0 .
3. Resultan gaya hidrodinamik (F) yang didesak oleh air pada kapal sebagai akibat gerakan menerjang air tersebut. Gaya F dapat diuraikan dalam 2 (dua), yaitu komponen gaya angkat (L) dan komponen tahanan (atau drag) R (atau D). Dimana L tegak lurus terhadap kecepatan kapal dan R (atau D) sejajar V .
4. Gaya dorong (T), yang didesakkan oleh air pada pendorong kapal, umumnya berlawanan arah dengan R .

Gaya-gaya tersebut di atas timbul akibat adanya :

- 1) Kecepatan kapal (V), relatif terhadap air dan udara atau yang dilintasi oleh kapal tersebut.
- 2) Gaya gravitasi bumi yang bekerja baik pada kapal maupun pada air yang dibebani oleh kapal itu.
- 3) Aksi yang dilakukan pendorong kapal (propeller).

Pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah permukaan air. Tahanan yang ada di atas permukaan air adalah tahanan yang bekerja pada bagian badan kapal yang kelihatan di atas permukaan air, di sini pengaruh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan.

Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah :

- a. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan tegangan tangensial keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerak kapal. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilalulinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*).

Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (R_v) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos. Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut :

- Angka Renold (*Renold's number*, R_n)

$$R_n = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

- Koefisien gesek (*friction coefficient*, C_f)

$$C_f = \frac{0,75}{(\log R_n - 2,0)^2} \quad (\text{Merupakan formula dari ITTC})$$

- Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio*, S_{lr})

$$S_{lr} = \frac{V_s}{\sqrt{L}}$$

Dimana L adalah panjang antara garis tegak kapal (length between perpendiculars).

- Tahanan sisa (*Residual Resistance*)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari:

1. Tahanan gelombang (*Wave Resistance*)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

2. Tahanan udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada di atas air dan bangunan atas (*Superstructure*) karena gerakan kapal di udara. Tahanan ini tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka tahanan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan angin dan arah relatif angin terhadap kapal.

3. Tahanan bentuk

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

c. Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi.

Komponen Tahanan tambahan terdiri dari :

1. Tahanan anggota badan (*Appendages Resistance*)

Yaitu tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya.

2. Tahanan kekasaran

Yaitu terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut.

3. Hambatan kemudi (*Steering Resistance*)

Yaitu akibat pemakaian kemudi mengakibatkan timbulnya hambatan kemudi.

2.3. **Bulbous Bow**

Bulbous adalah suatu bentuk konstruksi haluan yang berbentuk bulat telur yang ditempatkan pada linggi haluan bagian depan.

Bulbous Bows pertama kali diperkenalkan pada tahun 1912 oleh angkatan laut Amerika Serikat, yang mana pada mulanya diperkenalkan oleh David Taylor. Namun hingga tahun 1950 tidak memperlihatkan perkembangan yang berarti, bahkan pada batas waktu tersebut tidak pernah dijumpai pemakaiannya pada kapal-kapal barang.

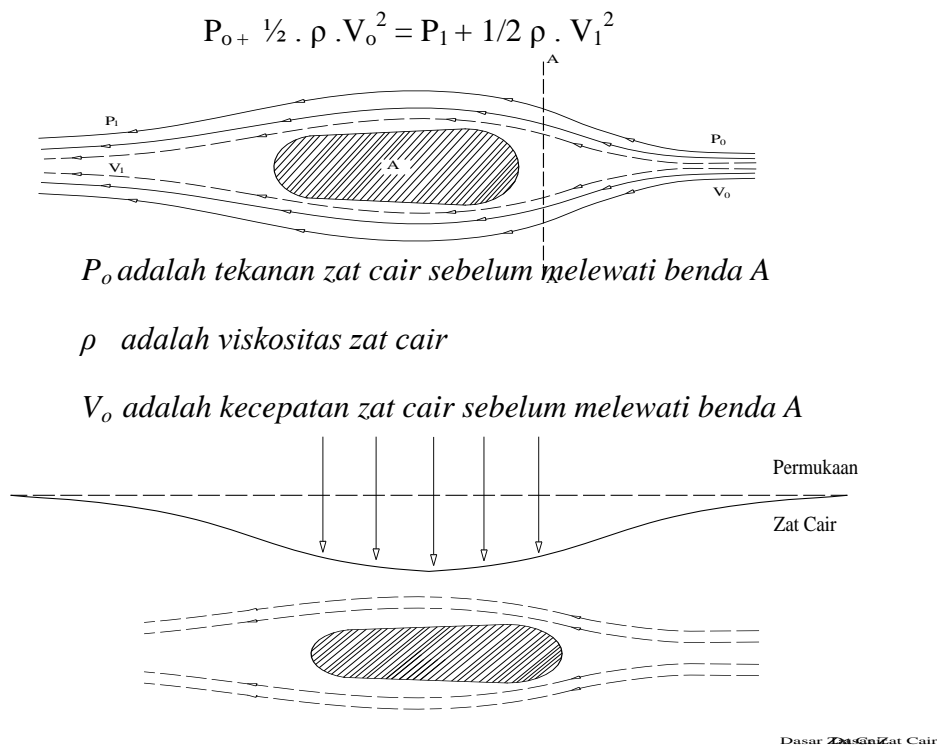
Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Wigley bahwa Bulbous Bows ini cocok dan memberikan keuntungan bilamana:

- a. Perbandingan antara kecepatan dan panjang berkisar antara 0,80 -1,90.
- b. Posisi dari bulbous dan proyeksi ujungnya lebih panjang dari garis tegak depan.
- c. Bagian atas dari bulbous bow tidak boleh mendekati permukaan air.

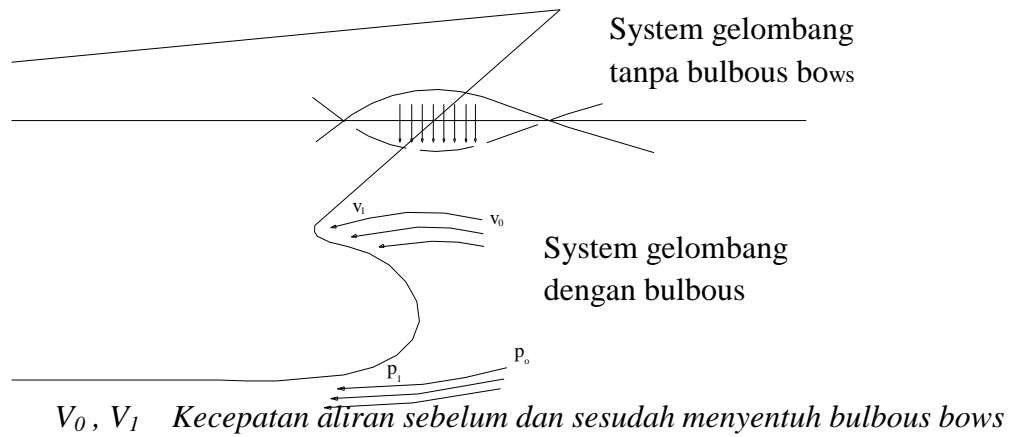
Namun dari penelitian-penelitian lebih lanjut tepatnya pada tahun 1956 yang dikembangkan dari Grena bahwa ternyata untuk kapal yang mempunyai harga froud 0.17 – 0.23 dapat dipakai bulbous bows.

Masalah lain yang timbul pada kapal berkecepatan tinggi yang menggunakan bulbous adalah terjadinya kavitasi pada permukaan bulbous bow yang menghasilkan erosi dan kebisingan.

Teori dasar dari sistem ini adalah merupakan aplikasi dari asas Bernoulli, dari hasil penyelidikannya menunjukkan adanya perubahan kecepatan dan tekanan cairan. Misalnya suatu cairan melewati suatu benda A misalnya (gambar : 2.2), bila cairan mengalir dengan kecepatan V_o dan tekanan P_o maka sampai pada batas A – A terjadi pembelokan. Ternyata kecepatan P_1 bertambah besar akibat adanya penyempitan permukaan cairan disisi benda A. Sesuai dengan asas bernoulli dengan membesarnya harga dari P_1 maka akan diikuti dengan penurunan harga dari V_1 .



Gambar 2.2. Perubahan kecepatan aliran yang didasari pada Hukum Bernouli



Gambar 2.3. Perubahan bentuk gelombang akibat pemakaian bulbous bow.

2.3.1 Dasar Penentuan Ukuran Bulbous Bow

Untuk menentukan ukuran dari Bulbous Bows ini didasarkan dari beberapa factor antar lain: Jenis kapal, daerah pelayaran kapal, kelangsingan kapal serta ukuran dari kapal itu sendiri. Dalam buku : *Ship Design dari Mitsui Eng and Ship Building Co,Ltd* halaman 38 memberikan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$\text{Luas Bulbous Bow} \quad a_B = 0,04 + 0,07 B$$

$$\text{Panjang Bulbous Bow} \quad L_B = (3,1 - 1,3 E) \% L$$

$$\text{Angka Penunjuk} \quad E = (B/L) / (1,3 (1 - C_b) + 0,031 LCB)$$

Ukuran dari bulbous bow ini biasanya dinyatakan dalam bentuk harga perbandingan atau persentase antara luas Bulboous terhadap luas penampang tengah kapal.

Dari sumber berbeda yaitu buku : “*Ship Design for Efficiency and Economy*” oleh H.Scheenluth pada halaman 51 – 52 menyarankan bahwa panjang bulbous bows dari garis tegak depan berkisar 20% dari lebar kapal dan tidak boleh melebihi dari panjang forecastle deck.

2.3.2. Bentuk –bentuk Bulbous Bows

Pemilihan bentuk untuk suatu kapal tergantung dari beberapa faktor, antar lain:

- a. Kondisi perairan.
- b. Lebar kapal, panjang kapal, kelangsingan kapal.

Thesis “ Pengaruh Bulbous Bows Terhadap Horse Power oleh Ir. Mansyur Hasbullah, M. Eng. Membagi bentuk bulbous atas tiga macam, yaitu:

- a. Bentuk titik air terbalik

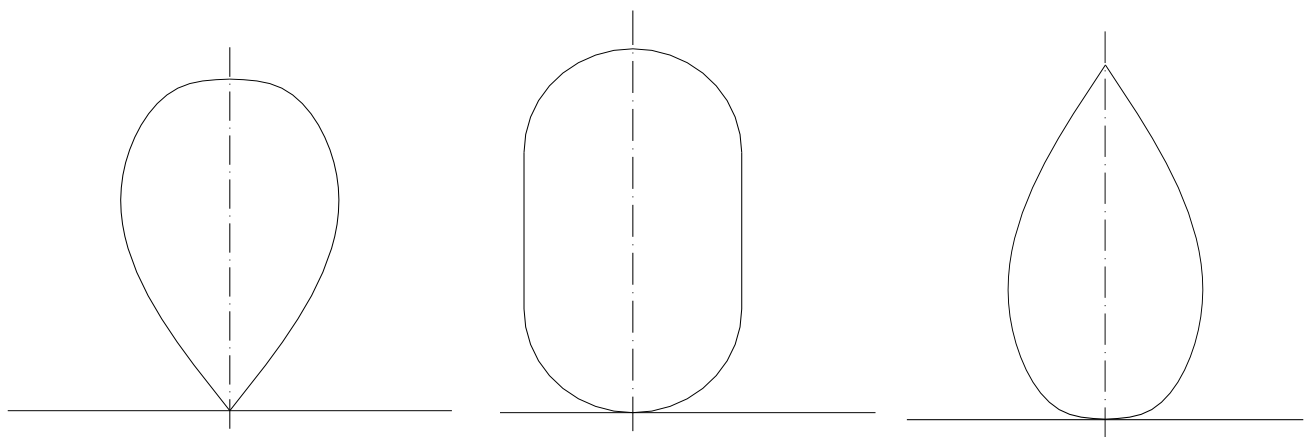
Bentuk ini sangat cocok untuk kapal-kapal yang menghadapi gelombang dilaut bebas. Bentuk ini sering dikombinasikan pada kapal-kapal yang bergading “V” yang digunakan pada kapal-kapal berkecepatan tinggi.

b. Bentuk titik air tergantung

Bentuk ini, sesuai dengan kapal-kapal yang berlayar pada daerah yang kurang menghadapi hempasan gelombang yang besar.

c. Bentuk Elips

Bentuk Bulbous yang ketiga ini lebih banyak digunakan pada kapal-kapal yang bentuk gadingnya “U” atau kapal-kapal yang berukuran gemuk.



a. Bentuk Titik Air Terbalik b. Bentuk Titik Air Bergantung c. Bentuk Elips

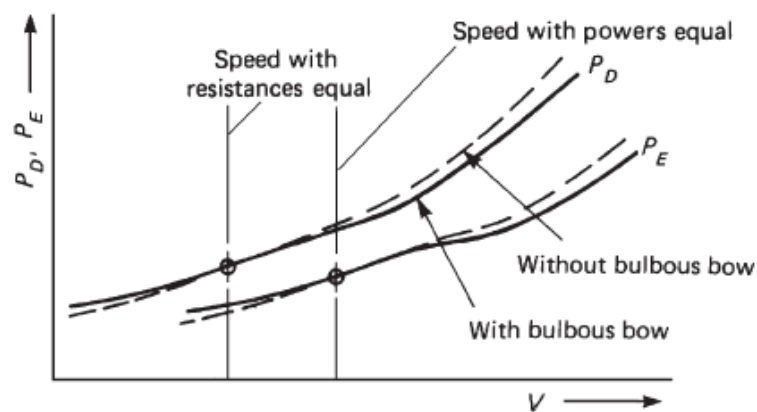
Gambar 2.4. Tiga bentuk Bulbous Bows

2.3.2. Pengaruh Bulbous Bow Pada Karakteristik Kapal

Pengaruh Bulbous Bow dapat memberikan dampak dalam mendesain kapal, konstruksi kapal, pembuatan kapal dan pengoperasian kapal yang berkaitan dengan karakteristik seakeeping, tahanan dalam berlayar, karakteristik propulsi, effective drag, trim dan lain-lain.

Perubahan permintaan power dengan Bulbous Bow yang bertentangan dengan normal bow dapat ditujukan sebagai berikut :

1. Perubahan dalam tekanan tarik yang disebabkan oleh efek pemindahan gelembung dan efek sirip.
2. Perubahan dalam tahanan pemecah gelombang
3. Peningkatan tahanan gesek
4. Perubahan efisiensi propulsi yang dipengaruhi oleh koefisien daya dorong dan keseragaman percepatan aliran.



Gambar 2.5 Perbandingan Tahanan (dengan Bulbous Bow dan tanpa Bulbous Bow)

2.4 Tahanan Model dan Tahanan Kapal

2.4.1 Pembuatan Model

Dalam percobaan dengan menggunakan model fisik, ukuran kapal ditransfer ke skala model, dengan demikian maka harus ada atau harus dinyatakan beberapa hukum perbandingan untuk keperluan transfer tersebut. Hukum perbandingan yang dipakai harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

a. *Kesamaan geometris*

Kesamaan geometris merupakan hal yang sangat sulit untuk dipenuhi mengingat bahwa dalam pelayaran kapal dilaut, permukaan air laut dianggap luas tak berhingga dan kedalaman yang tak berhingga pula sementara ukuran kolam terbatas dengan ukuran model kapal harus kecil, sebanding dengan ukuran kolam atau lainnya. Demikian pula tekanan permukaan pada tangki percobaan yang dianggap sama dengan tekanan atmosfer, yang seharusnya tekanan tersebut harus diturunkan. Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model hanya kesamaan geometris dimensi– dimensi linier model, misalnya :

Hubungan antara kapal dan model dinyatakan dengan λ dimana :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m}$$

Dimana :

λ = skala perbandingan

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

B_s = lebar kapal (m)

B_m = lebar model (m)

T_s = sarat kapal (m)

T_m = sarat model (m)

Kesamaan geometris juga menunjukkan hubungan antara model dan tangki percobaan. Percobaan dari berbagai referensi :

- TOOD :

$$L_m < T \text{ tangki}$$

$$L_m < \frac{1}{2} B \text{ tangki}$$

- HARVALD:

$$B_m < \frac{1}{10} B \text{ tangki}$$

$$T_m < \frac{1}{10} T \text{ tangki}$$

- UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

$$L_m < \frac{1}{2} b \text{ tangki}$$

$$B_m < \frac{1}{15} B \text{ tangki}$$

$$A_o m < 0,4 A_o \text{ tangki}$$

b. Kesamaan kinematis

Kesamaan kinematis antara model dan kapal lebih menitik beratkan pada hubungan antara kecepatan model dengan kecepatan kapal sebenarnya. Dengan adanya skala yang menunjukkan hubungan antara kecepatan model dan kecepatan kapal yang sebenarnya maka dapat dikatakan bahwa kesamaan kinematis bisa terpenuhi.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Atau :

$$\frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}}$$

Dimana :

Fr = angka froude

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

V_s = kecepatan kapal (m/dt)

V_m = kecepatan model (m/dt)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

c. *Kesamaan Dinamis*

Gaya – gaya yang bekerja berkenaan dengan gerakan fluida sekeliling model dan kapal pada setiap titik atau tempat yang besesuaian harus mempunyai besar dan arah yang sama, dalam hal ini kesatuan harga Reynold yang menggambarkan perbandingan gaya – gaya inersia dengan viskositas :

$$Rn = \frac{V.L}{\nu}$$

Atau :

$$\frac{V_m.L_m}{\nu} = \frac{V_s.L_s}{\nu}$$

Dimana :

Rn = angka reynold

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

V_s = kecepatan kapal (m/dt)

V_m = kecepatan model (m/dt)

ν = viskositas kinematis fluida (m^2/dt)

$$= 1,1883 \times 10^{-6} (\text{m}^2/\text{dt})$$

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}/\text{dt}^2$)

Dengan demikian jika diinginkan tercapainya kesamaan dinamis disamping kesamaan geometris dan kesamaan kinematis, maka angka Reynold untuk model harus sama dengan angka skala penuh.

2.4.2 Tahanan kapal

Tahanan model kapal merupakan fungsi dari ukuran pokok, kecepatan kapal dan bentuk dari badan kapal itu sendiri. Untuk menentukan tahanan model, ada beberapa cara yang dilakukan yakni sebagai berikut :

1) Percobaan model

Dalam melakukan percobaan model untuk menentukan tahanan kapal, ada berapa metode yang telah dikembangkan antara lain :

a. Metode Froude

Pada tahun 1868, William Froude memberikan memorandum terkait tentang pengamatan dan saran mengenai penentuan tahanan kapal dengan melalui percobaan. Froude membagi tahanan kapal atau model kedalam dua bagian yakni tahanan gesek yang dipengaruhi oleh gaya viskositas dan gaya inersia, dan tahanan sisa yang disebabkan karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya inersia. Sehingga tahanan total model R_{TM} total dari Tahanan gesek dan tahanan sisa model, dengan formulasi yakni :

b. Metode ITTC 1957

Metode ini didasarkan pada asas Froude dan garis korelasi-model pada tahun 1957. ITTC pada tahun (1959) memutuskan untuk mengambil garis yang diberikan dalam rumus :

$$C_F = \frac{0,075}{(\text{Log}_{10}(R_n - 2))^2}$$

Sebagai garis hubungan timbal balik (korelasi). C_F adalah koefisien tahanan gesek. Melalui pengujian pada tangki percobaan maka dapat ditentukan koefisien tahanan total model dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_{tm} = \frac{R_{TM}}{\frac{1}{2} \rho_M V_M^2 S_M}$$

R_{TM} adalah tahanan model, V adalah kecepatan model, S_M adalah permukaan basah model dan ρ_M adalah massa jenis air di tangki percobaan. Selanjutnya koefisien tahanan sisa untuk model tersebut dapat dihitung dengan rumus:

$$C_{RM} = C_{TM} - C_{FM}$$

Koefisien tahanan sisa kapal pada angka Froude yang sama seperti angka Froude model dan angka *reynold* yang sesuai adalah :

$$C_{Rk} = C_{RM}$$

Dengan memakai garis korelasi model-kapal ITTC 1957 sebagai ekstrapolator maka koefisien tahanan total untuk kapal yang mulus dapat ditentukan dengan memakai rumus :

$$C_{TSS} = C_{FK} + C_{RK}$$

Selanjutnya, koefisien tahanan total kapal adalah:

$$C_{TSS} = C_{FS} + C_{RM} + C_A$$

C_A adalah koefisien tambahan tahanan untuk korelasi model kapal. Koefisien ini juga memperhitungkan pengaruh kekasaran permukaan model. Beberapa tangki percobaan memakai koefisien C_A yang sama untuk semua jenis kapal. Misalnya $C_A = 0,0004$. Tangki percobaan lainnya hanya menganggap bahwa C_A harus disesuaikan dengan jenis dan ukuran kapal. Jika yang dipakai sebagai parameter adalah ukuran kapal maka koefisien tambahan bervariasi sebagai berikut :

Tabel 2.1. Koefisien tambahan tahanan untuk korelasi model

Displacement	C_A
1,000 ton	$0,6 \times 10^{-3}$
10,000 ton	$0,4 \times 10^{-3}$
100,000 ton	0
1000,000 ton	$-0,6 \times 10^{-3}$

Sumber : *Tahanan & Propulsi Kapal By. Sv.Aa. Harvald*

Ekstrapolator yang digunakan dapat memiliki harga koefisien C_A yang negatif agar memperoleh hasil prakiraan yang berguna. Selanjutnya tahanan kapal dapat dihitung dengan rumus :

$$R_s = C_{ts} (1/2 \times \rho_s \times S_s \times V_s^2)$$

S_s adalah luas permukaan basah kapal, V_s adalah kecepatan kapal dan ρ_s adalah massa jenis air laut.

2) Seri Standar Percobaan

Diantara seri uji model yang paling dini dan paling lengkap yang dilakukan untuk penyelidikan perimbangan bagian (proporsi) dan bentuk kapal adalah seri yang dibuat oleh Taylor (1993) dan Kent (1919). Semua bentuk yang dipakai oleh Taylor didasarkan pada rancangan garis kapal perang, jenis kapal penjelajah Inggris pada tahun 1900. Rancangan badan kapal serta profil haluan dan buritan model yang dijadikan induk (*parent form*) dari seri standar Taylor. Seri yang dipakai Kent didasarkan pada bentuk pada kapal niaga yang berbaling-baling ganda. Model tersebut diperoleh dengan memvariasi geometri semua rancangan yang dijadikan induk.

3) Pemakaian Metode Statistik

Doust (1962,1964) adalah salah satu orang pertama yang mendemonstrasikan pemakaian teori statistik dalam perancangan kapal dan untuk memperkirakan daya. Dengan pemakaian komputer metode tersebut akan menghasilkan persamaan regresi yang menyatakan tahanan kapal dalam parameter bentuk dasar (*basic form parameter*) untuk suatu jenis kapal tertentu pada angka Reynolds yang dikehendaki. Dengan memakai sejumlah kombinasi khusus dari parameter bentuk, persamaan regresi ini akan memberikan perkiraan mengenai tahanan kapal yang ditinjau. Sementara itu, dalam berbagai hal tertentu, meminimalan (*minimization*) persamaan ini kedalam rentang parameter bentuk yang umum dalam praktek

akan memberikan indikasi mengenai hal yang dapat dilakukan untuk menjadikan tahanan kapal lebih baik.

4) Pemakaian Diagram.

Pada metode ini penentuan tahanan kapal dilakukan dengan pengaplikasian grafik yang dimana grafik ini telah dipublikasikan oleh penemunya masing-masing sejak dulu. Adapun grafik tersebut adalah :

- Diagram Taylor dan Gertler (1933,1954)
- Diagram lap (1959)
- Diagram Guldhammer dan Harvald (1965,1974)

Adapun pokok dan langkah – langkah dalam perhitungan tahanan model dan kapal hasil percobaan laboratorium adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan Koefisien tahanan

Tahanan total model merupakan jumlah antara tahanan sisa dan tahanan gesek

$$R_t = R_f + R_r$$

Tahanan total berbanding lurus dengan kecepatan dan luas Permukaan Bidang Basah.

$$R_t = 1/2 \cdot \rho_m \cdot V_m^2 \cdot S \cdot C_{tm}$$

Dimana:

$$\rho_m = \text{massa jenis fluida} \quad (10,605 \cdot 10^3 \text{ kg. dt}^2/\text{m}^4)$$

$$V_m = \text{Kecepatan model} \quad (\text{ m/s})$$

S_m = Luas bidang basah model (m^2)

R_{tm} = Hambatan total model (kg)

C_{tm} = koefisien hambatan total

b. Tahanan Gesek

Koefisien tahanan gesek model dan kapal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_f = \frac{0.075}{(\log 10 Re - 2)^2}$$

Kesamaan Reynold

Untuk model :

$$Re_m = \frac{V_m \cdot L_m}{\nu}$$

Dimana:

Re_m = angka Reynolds model

V_m = Kecepatan model (m/s)

L_m = Kecepatan model (m/s)

ν = viskositas kinematis fluida ($0.8746 \cdot 10^{-6} m^2/s$)

Untuk Kapal :

$$Re_k = \frac{V_m \cdot L_m}{\nu_k}$$

Dimana:

Re_k = angka reynolds kapal

V_k = Kecepatan kapal sampel (m/s)

L_m = Kecepatan model (m/s)

ν_k = viskositas kinematis fluida ($1,187 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

Jadi koefisien tahanan gesek :

$$C_{fm} = \frac{0.075}{(\log 10 Re_m - 2)^2}$$

$$C_{fk} = \frac{0.075}{(\log 10 Re_k - 2)^2}$$

c. Tahanan Sisa

Koefisien tahanan sisa dapat diketahui dengan memperkurangkan antara koefisien tahanan total dengan koefisien tahanan gesek :

$$C_{rm} = C_{tm} - C_{fm}$$

Koefisien tahanan sisa model dan kapal adalah sama untuk angka Froude yang sama.

$$C_{rk} = C_{rm}$$

d. Tahanan Total Kapal

Koefisien tahanan total model adalah jumlah antara koefisien tahanan gesek dan koefisien tahanan sisa serta koefisien kekasaran kulit sebesar 0.0004.

$$C_{tk} = C_{fk} + C_{rk} + C_{kulit}$$

Jadi tahanan total kapal dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_t = 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_t$$

Dimana:

R_t = Tahanan Total (kg)

ρ = massa jenis fluida (104,51 kg.dt²/m⁴)

V = Kecepatan kapal (m/s)

S = Luas bidang basah kapal (m²)

C_t = Coefficient tahanan

e. Perhitungan EHP

$$EHP = EHP = (R_{TX} V_s) / 75$$

Dimana:

EHP = daya efektif kapal (kw)

R_t = Tahanan Total (kg)

V_s = Kecepatan kapal sampel (m/s)

2.5 Towink tank

Towing tank umumnya digunakan untuk mengetes tahanan dengan menggunakan model yang bergerak dalam tangki pada kecepatan tertentu sepanjang tangki.

Ada 2 (dua) tipe towing tank yakni sebagai berikut :

1. Towing Tank dengan kereta penarik

Model dikemudikan oleh mesin dan dilengkapi dengan penarik yang berlawanan arah dengan model yang berada dibawahnya.

Kereta penarik tersebut membawa alat yang dapat mengukur dan mencatat kecepatan pelayaran dan tahanan model yang bergerak di air.

2. Towing Tank dengan beban atau gravitasi

Tangki ini dilengkapi dengan tali(senar) yang menegelilingi rol atau katrol, masing-masing saling berlawanan pada ujung katrol.

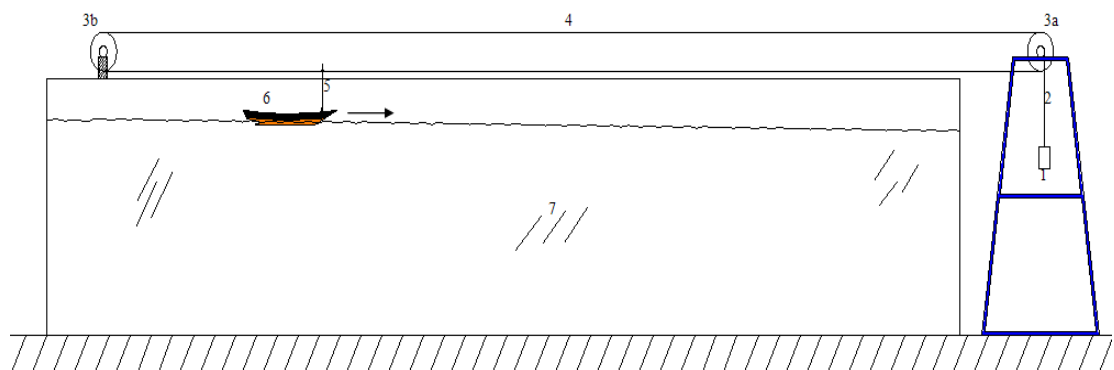
Salah satu katrol bertindak sebagai pengemudi dan lainnya sebagai pengikat atau pengantar.

Katrol pengemudi ini mempunyai poros pada axisnya, proyeksi, proyeksi dari poros pada kedua sisinya.Salah satu sisi poros menahan tali pengikat system pemberat dan yang lainnya menahan bobot lawan.Tahanan dapat diketahui dengan menggunakan sistem pembebanan dengan memakai

gaya pemberat melalui katrol, dimana pembebanan pada piringan bobot mula lebih berat dari bobot lawan.

Apabila model yang ditarik bergerak pada kecepatan konstan dibawah gaya ini, maka gaya tersebut sama dengan tahanan total model pada kecepatan tersebut.

Tipe semacam inilah yang digunakan dalam eksperimen tahanan yang terdapat di Laboratorium Hidrodinamika yang dilengkapi dengan peralatan percobaan, seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :



- Keterangan:
- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Pembebanan yang jatuh bebas | |
| 2. Tali pengikat system pemberat | |
| 3. Katrol : | 5. Kawat pegangan |
| a. Piringan bobot mula | 6. Model perahu yang akan ditarik |
| b. Piringan bobot lawan | 7. Tangki percobaan |
| 4. Tali penarik (kawat bentangan) | |

Gambar 2.6 Sketsa tampak samping tangki percobaan

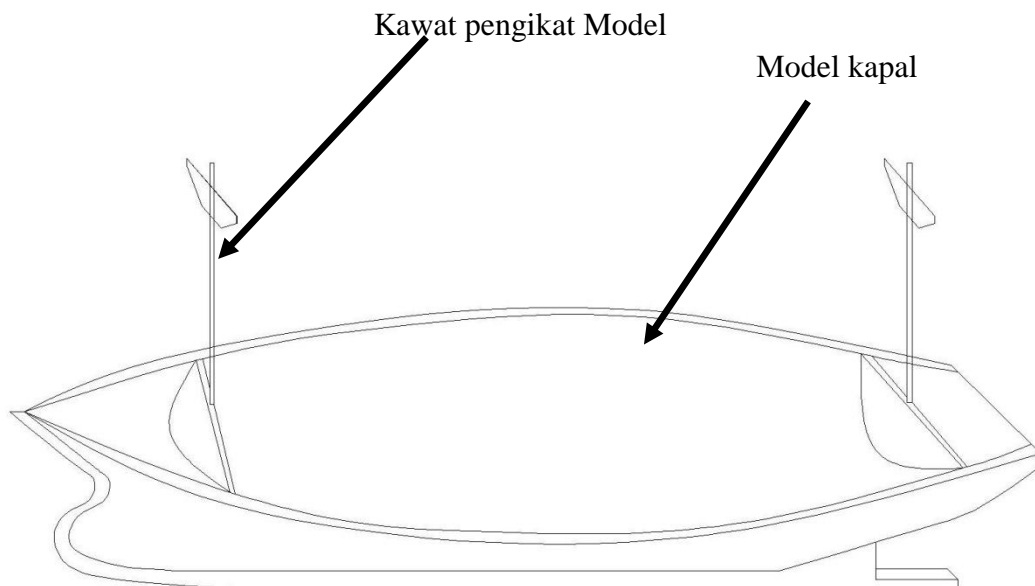
Laboratorium Hidrodinamika Jurusan Perkapalan

Universitas Hasanuddin

Menurut Rosmani (1986) cara peletakan kawat pegangan pada model dan kejadian yang terjadi pada saat model ditarik yaitu :

1. Bagian tengah pada muka dan belakang model, posisi model miring dan haluannya seolah – olah mengarah kedinding tangki percobaan.
2. Bagian depan pada sisi kanan dan kiri model, model miring kekanan dan kawat pegangan membentuk sudut walaupun gerakan model sangat lambat.
3. Bagian tengah depan model, sudut yang dibentuk oleh kawat pegangan hanya pada saat model bergerak dengan kecepatan yang lebih besar.

Dari ketiga cara tersebut diatas, posisi yang digunakan dalam percobaan adalah bagian 1.



Gambar 2.7 Sketsa Peletakan Kawatp Pengikat pada Model

Selain letak kawat pegangan, jenis kawat dan dan ukurannya juga berpengaruh baik panjang maupun besarnya. Panjang kawat pegangan bergantung pada dalamnya air dalam tangki, menurut Rosmani (1986) ada beberapa ukuran kawat pegangan antara lain sebagai berikut:

1. Besi bulat dengan diameter 1 cm, dimana dalam penggunaannya mengakibatkan tali bentangan mempunyai lendutan yang besar.
2. Benang dengan diameter 1 mm, dimana dalam penggunaannya posisi model tidak tepat.
3. Kawat dengan diameter 1 mm, posisi model tidak stabil dimana kawat tidak akan kembali apabila model bergerak kesamping
4. Kawat dengan diameter 2 mm, posisi model tetap dan jenis inilah yang akan digunakan.

Setelah itu tarik model dan catat waktu yang ditempuh model pada jarak yang sudah ditentukan. Hal ini dilakukan beberapa kali sehingga kita bisa memperoleh waktu tempuh rata – rata dengan jarak yang sama sehingga diperoleh kecepatan model. Dengan demikian tahanan model dapat kita hitung, dari tahanan ini kita dapat mengestimasi berapa besarnya daya efektif.

2.6. Perhitungan dengan Aplikasi Maxsurf

Selain data yang diperoleh langsung dari percobaan di laboratorium juga akan diperoleh data hasil perhitungan tahanan dengan aplikasi software, dimana langkah awal model kapal digambar terlebih dahulu pada

Maxsurf. Hal ini dimaksudkan sebagai bahan rujukan untuk dibandingkan dengan hasil yang akan diperoleh di laboratorium. Untuk perhitungan tahanan pada metode ini akan digunakan metode Holtrop.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian ini berlangsung dari bulan Maret sampai dengan Mei 2011.

3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini berbasis laboratorium, yaitu melakukan uji model kapal layar motor tradisional untuk mengetahui besar tahanan dan daya efektifnya.

3.3. Jenis dan Tekni Pengambilan Data

3.3.1 Jenis Data

- a. Data primer / langsung, merupakan data yang diperoleh dari hasil percobaan model di laboratorium berupa tahanan yang diperoleh dari variasi pembebanan yang berbeda.
- b. Data sekunder / tidak langsung, merupakan data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis dari sumber data yang erat kaitannya dengan penelitian ini, seperti data kapal, dan lines plan.

3.3.2 Teknik Pengambilan Data

Adapun metode pengumpulan data penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Metode Observasi, metode ini merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang cukup efektif untuk mempelajari suatu sistem observasi yang merupakan pengamatan secara langsung terhadap kegiatan yang sedang berlangsung, dalam hal ini melakukan pengujian langsung pada model kapal yang diteliti pada tangki percobaan yang dilengkapi peralatan pendukung. Sesuai dengan hasil pengskalaan yang dilakukan oleh *Samaluddin* (2010), didapat hasil pengskalaan 1 : 35 yang telah disesuaikan dengan tangki percobaan.
2. Studi Literatur, merupakan metode pengambilan data dengan cara mempelajari literatur yang relevan dengan studi yang dilakukan.

3.4. Metode Analisis Data

Untuk analisa data, tahap-tahap yang harus dilakukan adalah :

- A. Membuat gambar lines plan sesuai dengan skala perbandingan (1 : 35), dengan data sebagai berikut:

Tabel 3.1 Ukuran Utama Kapal dan Model

No	Ukuran utama	Kapal sampel	Model kapal
1	Panjang Deck	35 m	1 m
2	Panjang Keel	22 m	0,628 m
3	Lebar	8,5 m	0,242 m

4	Tinggi	3,7 m	0.105 m
5	Sarat	2,7 m	0.077 m
6	CB	0,389	0.389
7	Displacement	332 Ton	332 Ton
8	Kecepatan	10 knot	10 knot
9	Panjang bulbous	1,68 m	0,048 m
10	Tinggi bulbous	2,24 m	0,064 m

- B. Membuat model dengan bulbous bow standar berdasarkan gambar lines plan yang telah diskalakan.

Model kapal dapat dibuat dari kertas maket, selain itu model kapal juga bisa dibuat dari fiber glass ataupun kayu. Adapun bahan – yang digunakan dalam pembuatan model adalah sebagai berikut :

1. Kertas maket sebagai bahan dasar dalam pembuatan lambung.
2. Lem fox sebagai perekat.
3. Auto lux dan tube pendempul yang dicampur sesuai dengan kebutuhan. Tujuannya untuk melapisi bagian permukaan model yang tidak rata pada bagian luar.
4. Resi dan katalis yang dicampur sesuai dengan kebutuhan. Tujuannya untuk melapisi permukaan bagian dalam pada model.
5. Kertas gosok / amplas, digunakan untuk menghaluskan permukaan yang telah dilapisi.

6. Piloks, selain memberikan corak atau warna cat juga berfungsi untuk melapisi bagian permukaan model agar kedap air.

C. Persiapan peralatan pengujian.

Dengan keterbatasan alat yang kita miliki, maka alat yang digunakan pada percobaan ini sangat terbatas pula namun dianggap bisa memberikan hasil yang maksimal. Adapun alat tersebut yaitu :

- 1) Tangki percobaan, tangki ini harus bersih dari kotoran ataupun hal - hal yang dianggap bisa mengganggu percobaan.
- 2) Katrol yang ditempatkan pada kedua ujung tangki.
- 3) Tali penarik model yang menghubungkan kedua katrol
- 4) Kawat pegangan yang menghubungkan tali penarik dengan model kapal.
- 5) Model kapal yang akan diuji.
- 6) Pembebanan yang jatuh bebas.
- 7) Tali pengikat pembebanan.
- 8) Alat pencatat waktu (stop watch).
- 9) Meteran.
- 10) Timbangan untuk mengukur berat model maupun pembebanan yang digunakan.
- 11) Alat tulis untuk mencatat hasil yang diperoleh selama melakukan percobaan.
- 12) Kamera, untuk dokumentasi pengujian kapal.

D. Percobaan model pada tangki percobaan yang dilakukan pada beberapa variasi penambahan beban. Pada tahap ini ada dua hal yang perlu dilakukan, yaitu :

1. Persiapan Percobaan

Adapun persiapan yang harus dilakukan sebelum melakukan percobaan, terdiri dari :

a. Mengevaluasi kondisi towing tank yang ada di laboratorium hidrodinamika.

Evaluasi yang dimaksud adalah mengecek kebersihan kolam dan kondisi air. Oleh karena itu dilakukan pembersihan kolam dari bagian sisi kolam sampai dengan dasar kolam dengan menggunakan alat sederhana seperti alat pel dan saringan pengangkat kotoran. Pastikan permukaan kolam bebas dari kotoran, terutama larutan minyak yang dapat mempengaruhi viskositas air yang turut mempengaruhi tahanan model nantinya.

b. Pemeriksaan kondisi katrol dan peralatan pembebanan.

Pastikan katrol berfungsi dengan baik, dengan sebelumnya memberikan pelumasan dengan oli dan semprot anti karat agar katrol berputar dengan baik. Begitupula wadah beban dan tali yang dihubungkan dengan as katrol dipastikan dalam kondisi baik dan panjang tali wadah pembebanan sebatas sepanjang jarak wadah ke dasar lantai.

c. Pemeriksaan kondisi kawat/besi pegangan dan cantolan pada model.

Setiap kali akan melakukan penarikan model, maka perlu diperhatikan kondisi dan cara pemasangan besi pegangan dan cantolan pada model.

Pastikan besi pegangan terikat dengan baik pada tali utama dan dapat terpasang dengan baik/tegak pada cantolan model. Jika posisi besi pegangan dan cantolan dipastikan dalam keadaan baik maka model siap ditarik.

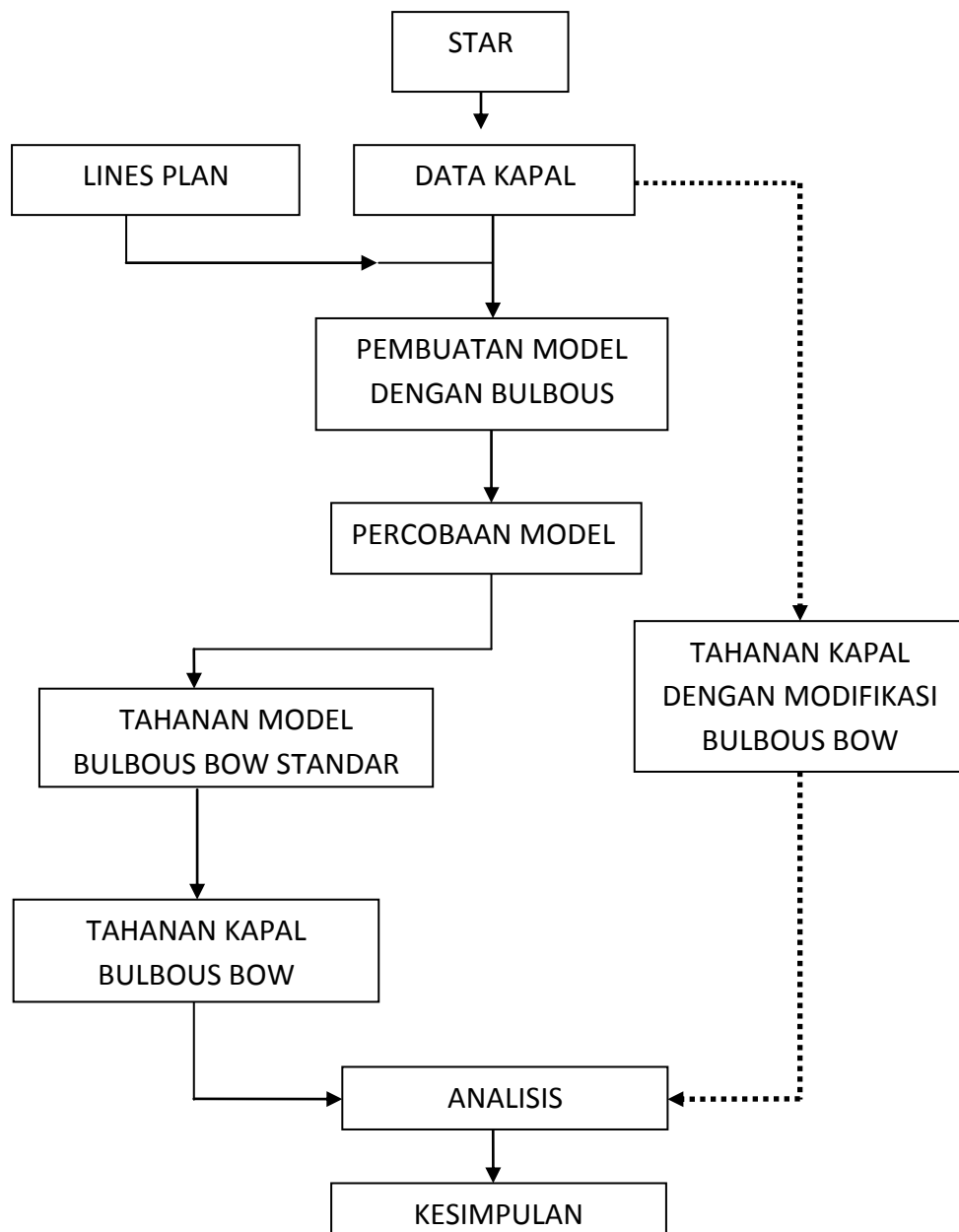
2. Percobaan Model

Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam percobaan ini, adalah:

- a. Pastikan posisi model dan besi pegangan dalam posisi yang baik, percobaan dapat dimulai dengan mencatat waktu yang ditempuh oleh model pada jarak yang telah ditentukan.
- b. Besarnya pembebanan awal dapat diketahui dengan memasang beban pada katrol hingga katrol dapat bergerak normal. Untuk mengetahui besar beban awal dapat diketahui dengan menambahkan beberapa beban pada katrol hingga katrol dapat bergerak. Sehingga diperoleh besar pembebanan awal adalah 760 gram.
- c. Dalam memvariasikan pembebanan untuk menggerakkan kapal model dilakukan dengan cara penambahan kembali pembebanan pada katrol hingga kapal model bisa bergerak. Sehingga diperoleh variasi pembebanan yang dimulai dengan pembebanan 200 gram. Kemudian tiap kelipatan pembebanan tersebut dilakukan 3 kali pengujian kapal, sehingga diperoleh waktu rata-rata dari setiap pengujian. Variasi pembebanan tersebut dijadikan sebagai tahanan model (R_{tm}), setiap pembebanan tersebut diperoleh waktu tempuh dengan jarak

tempuhnya yakni 9 m. Sehingga kecepatan model dapat diperoleh pada tiap variasi pembebanan.

3.5 Kerangka Pemikiran



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Percobaan

Sebelum melakukan percobaan model, perlu dilakukan persiapan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dan memperlancar pengambilan data. Adapun hal-hal yang perlu dilakukan adalah :

1. Pemeriksaan kondisi air kolam yakni melakukan pembersihan dari kotoran yang ada di permukaan air, sehingga air kolam lebih bersih dan terhindar dari kotoran dan minyak.



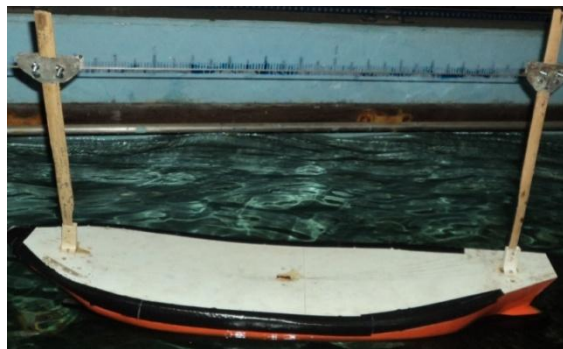
Gambar 4.1 Pembersihan towing tank/tangki percobaan

2. Pemeriksaan ketinggian air kolam yang disesuaikan dengan estimasi ketinggian air yang disyaratkan untuk percobaan.



Gambar 4.2 Pemeriksaan ketinggian air dalam towing tank/kolam percobaan

3. Pemeriksaan kondisi kawat/besi pegangan yang telah terpasang pada tali senar. Model kapal dipasang pada kawat pegangan. Setiap kali akan melakukan penarikan model, perlu diperhatikan kondisi dan cara pemasangan besi pegangan dan cantolan pada model. Kawat harus berdiri tegak dan tidak boleh kaku.



Gambar 4.3 Pemasangan kawat pegangan pada model kapal

4. Pemeriksaan kondisi katrol dan penentuan beban awal. Pastikan katrol berfungsi dengan baik, dengan sebelumnya memberikan pelumasan dengan oli dan semprot anti karat agar katrol berputar dengan baik.



Gambar 4.4 Pemeriksaan kondisi katrol

5. Penentuan beban awal dengan memasang beban pada wadah beban hingga katrol dapat bergerak normal (tanpa model). Besar pembebanan awal yang diperoleh adalah 760 gram. Adapun komponen dari beban awal tersebut adalah :

- Berat wadah beban dan tali
- Berat kawat pegangan
- Berat penambahan beban



Gambar 4.5 Penentuan beban awal

4.2. Perhitungan Kecepatan, Volume dan Displacement Model

1. Kecepatan Model

Hukum perbandingan Froude yang berkenaan dengan kecepatan dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$\frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_k}{\sqrt{g \cdot L_s}}$$

Maka kecepatan model adalah :

$$\frac{V_m}{(9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,874 \text{ m})^{0,5}} = \frac{10 \text{ knot}}{(9,81 \text{ m/s}^2 \times 30,59 \text{ m})^{0,5}}$$

$$V_m = 1,69 \text{ knot}$$

$$V_m = 0,87 \text{ m/s}$$

Maka Skala Kecepatan : 1 : 5,916

Contoh :

Jika $V_m = 1,69 \text{ knot}$

$$\text{Maka, } V_k = V_m \times 5,916$$

$$= 1,69 \times 5,916$$

$$= 10 \text{ knot}$$

Jadi kesamaan Fr untuk kapal dan model :

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{0,87m/s}{\sqrt{9,81m/s^2 \times 0,874m}} = \frac{5,144m/s}{\sqrt{9,81m/s^2 \times 30,59m}} \\ &= 0,297 \text{ (model)} \quad = 0,297 \text{ (kapal)} \end{aligned}$$

2. Volume Model

Volume model dapat ditentukan dengan menggunakan rumus perbandingan sebagai berikut :

$$\text{Volume model (Vm)} = \frac{V_k}{\lambda^3}$$

Dimana:

$$V_k = \text{volume kapal}$$

$$\lambda^3 = \text{skala perbandingan}$$

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{273,093}{35^3} \\ &= 6369,534 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

3. Displacement Model

$$\text{Displacement model } (\Delta_m) = \frac{\rho_m}{\rho_s} \times \frac{\Delta_k}{\lambda^3}$$

Dimana:

$$\rho_s = 104,51 \text{ kg.dt}^2/\text{m}^4 \quad \dots\dots \text{ (untuk air laut)}$$

$$\rho_m = 101,96 \text{ kg.dt}^2/\text{m}^4 \quad \dots\dots \text{ (untuk air tawar)}$$

$$\Delta_k = 279,921 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta m &= \frac{101,96}{104,51} \times \frac{279,921}{35^3} \\
 &= 0,00669 \text{ ton} \\
 &= 6,69206 \text{ kg} \\
 &= 6692,06 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Untuk memastikan berat model yang telah dibuat maka model tersebut ditimbang secara langsung dengan menggunakan alat timbangan digital, karena berat model harus sesuai dengan displacemen model.

$$\text{Berat model jika ditimbang} = 3333 \text{ gr}$$

$$\text{Selisih} = 3359.06 \text{ gr}$$



Gambar 4.6. Penimbangan berat model kapal

4.3. Data Hasil Percobaan

Pada proses pengambilan data, setelah mendapatkan beban awal maka selanjutnya ditambahkan beban untuk menggerakkan model. Dengan menambahkan beban sebesar 200 gram pada tiap penambahan beban selanjutnya, maka model telah dapat bergerak dengan kecepatan yang

semakin tinggi disetiap penambahannya. Hasil percobaan dapat dilihat pada table 4.1.

Waktu rata-rata yang ditempuh model / kapal setiap penambahan beban.

a. s (Jarak Percobaan) = 9 m

b. Kecepatan Model = Jarak percobaan / waktu rata-rata (m/s)
 $= s / t \dots \dots \dots (m/s)$

c. Kecepatan kapal = Kecepatan model x Skala kecepatan
 $= \text{Kecepatan model} \times 5,916 \text{ (m/s)}$

Tabel 4.1. Data Hasil Percobaan Model

No	Beban / Tahanan (gr)	Waktu Tempuh (detik)
1	200	22,20
		21,12
		22,34
2	400	18,63
		18,33
		18,79
3	600	17,19
		17,46
		17,03

No	Beban /tahanan (gram)	Waktu tempuh (detik)
4	800	15,99
		16,33
5	1000	14,54
		14,43
		14,89
6	1200	13,99
		13,32
		13,38
7	1400	13,13
		12,98
		12,32
8	1600	10,84
		11,33
		11,63
9	1800	10,56
		9,63
		11,21
10	2000	10,38
		10,19
		10,48
11	2200	9,32
		8,54
		9,43

Kecepatana kapal diperoleh dari rata-rata waktu yang ditempuh oleh model pada masing-masing variasi pembebanan. Besarnya kecepatan model dan kapal dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Beban, Kecepatan Model dan Kapal

No.	Beban (gram)	Waktu rata- rata (detik)	Kecepatan model		Kecepatan Kapal	
			(m/dtk)	(knot)	(m/dtk)	(knot)
	<i>1</i>	<i>2</i>	$3 = S/vm$	$4 = 3/0,5144$	$5 = (3) * 5,91608$	$6 = (5) * 0,5144$
1.	200	21,89	0,41	0,80	2,43	4,73
2.	400	18,58	0,48	0,94	2, 87	5,57
3.	600	17,23	0,52	1,02	3,09	6,01
4.	800	16,25	0,55	1,08	3,28	6,37
5.	1000	14,62	0,62	1,20	3,64	7,08
6.	1200	13,56	0,66	1,29	3,93	7,63
7.	1400	12,81	0,70	1,37	4,16	8,08
8.	1600	11,26	0,80	1,55	4,73	9,19
9.	1800	10,47	0,86	1,67	5,09	9,89
10.	2000	10,35	0,87	1,69	5,14	10
11.	2200	9,10	0,99	1,92	5,85	11,38

Sumber : Hasil Olahan 2011

4.4. Perhitungan Tahanan dan Daya Efektif Kapal

a. Koefisien tahanan model kapal

Perhitungan tahanan dengan menggunakan metode Holtrop-Mennen

$$R_t = R_f + R_r$$

$$R_t = 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_t$$

Dimana:

$$\rho_m = 10,605 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{dt}^2/\text{m}^4$$

$$v_m = 0,87 \text{ m/s}$$

$$S_m = 0,01834 \text{ m}^2$$

$$R_{tm} = 2 \text{ kg}$$

$$C_{tm} = \frac{R_t}{1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_m}$$

$$= 0,027$$

b. Tahanan Gesek

$$C_f = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2}$$

Kesamaan Reynold:

a. Untuk model :

$$Re_m = \frac{V_m \cdot L_m}{\nu}$$

$$= \frac{0,87 \times 0,874}{0,8746 \times 10^{-6}}$$

$$= 868940,6862$$

Untuk Kapal :

$$\text{Rek} = \frac{V_k \cdot L_k}{\nu}$$

$$= \frac{5,144 \times 30,59}{1,187 \times 10^{-6}}$$

$$= 132571738,998$$

Jadi koefisien tahanan gesek :

$$C_{fm} = \frac{0,075}{(\log_{10} \text{Re}_m - 2)^2}$$

$$= 0,002126357$$

$$C_{fk} = \frac{0,075}{(\log_{10} \text{Re}_k - 2)^2}$$

$$= 0,001136808$$

c. Tahanan Sisa

$$C_{rm} = C_{Tm} - C_{fm} = 0,025$$

Koefisien tahanan sisa model dan kapal adalah sama untuk angka Froude yang sama.

$$C_{rk} = C_{rm} = 0,025$$

d. Tahanan Total Kapal

$$\begin{aligned}C_{tk} &= C_{fk} + C_{rk} + C_{kulit} \\&= 0,001136808 + 0,025 + 0,0004 \\&= 0,027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_t &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_k^2 \cdot S \cdot C_t \\&= \frac{1}{2} \cdot 104,51 \cdot (5,144^2) \cdot 786,47453 \cdot 0,027 \\&= 28935,49932 \text{ kg}\end{aligned}$$

e. Daya Efektif Kapal (EHP)

$$\begin{aligned}EHP &= (R_t \cdot V_k) / 75 \\&= (28935,49932 \times 5,144) / 75 \\&= 1984,6864 \text{ Hp}\end{aligned}$$

4.5. Perhitungan Tahanan Model pada Hasil Percobaan

Perhitungan tahanan dan daya efektif model kapal untuk tiap penambahan beban dapat dilihat pada lampiran 12. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada table 4.3 - 4.4.

Tabel 4.3 Hubungan Kecepatan dan Tahanan Kapal dari Hasil Percobaan Laboratorium

No.	Beban (gram)	Kecepatan (knot)	Tahanan (N)
1	200	4,729	9476,601
2	400	5,570	11369,834
3	600	6,009	13364,989
4	800	6,371	15378,075
5	1000	7,080	17268,713
6	1200	7,631	19200,430
7	1400	8,080	21161,427
8	1600	9,190	22850,086
9	1800	9,889	24681,884
10	2000	10,000	26761,058
11	2200	11,379	2826,069

Sumber: Hasil Olahan 2011

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa dengan berat pembebanan yang berbeda/bervariasi pada model kapal yang sama terjadi perubahan kecepatan, dimana semakin besar pembebanan maka kecepatan dan tahananannya akan bertambah pula.

Tabel 4.4. Hubungan Kecepatan dan Daya Efektif Kapal dari Hasil Percobaan

No	Beban (gram)	Kecepatan (knot)	EHP (Hp)
1	200	4,729	31,334
2	400	5,570	44,227
3	600	6,009	56,145
4	800	6,371	68,499
5	1000	7,080	85,479
6	1200	7,631	102,445
7	1400	8,080	119,548

No	Beban (gram)	Kecepatan (knot)	EHP (Hp)
8	1600	9,190	146,814
9	1800	9,889	170,654
10	2000	10,000	187,115
11	2200	11,379	224,821

Sumber : Hasil Olahan 2011

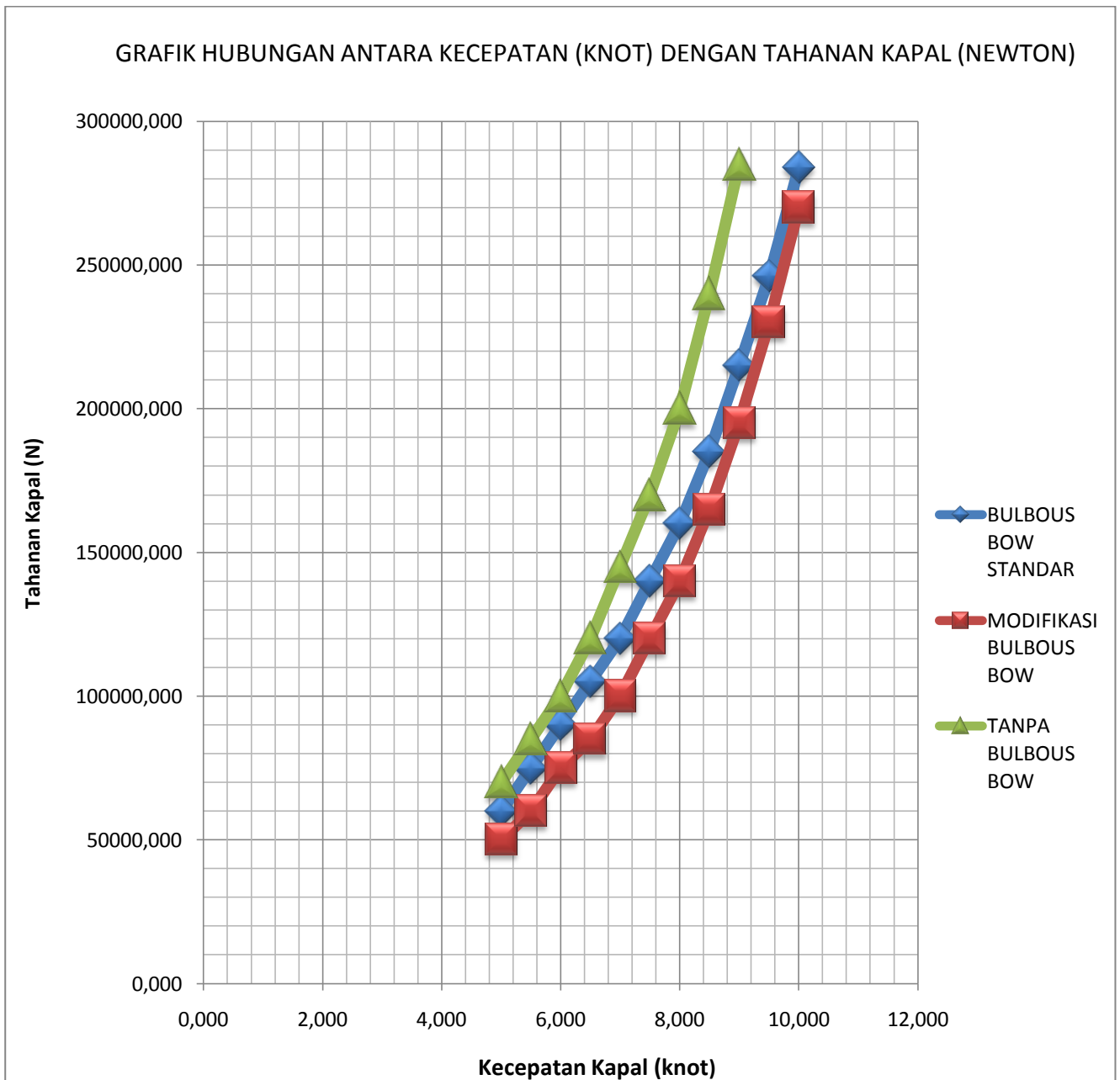
Berdasarkan hasil olahan data di atas, maka dapat diperoleh perubahan tahanan dan daya efektif kapal tiap penambahan beban. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hubungan antara Tahanan dan Daya Efektif Kapal dengan Kecepatan Kapal dari Hasil Percobaan

No.	Kecepatan (knot)	Tahanan (N)			EHP (Hp)		
		modifikasi bulbous bow	bulbous bow standar	tanpa bulbous bow	modifikasi bulbous bow	bulbous bow standar	tanpa bulbous bow
1	5,0	50000	60000	70000	75	150	200
2	5,5	60000	75000	85000	100	216	280
3	6,0	75000	90000	100000	150	280	350
4	6,5	85000	105000	120000	200	350	460
5	7,0	100000	120000	145000	260	450	550
6	7,5	120000	140000	170000	350	580	700
7	8,0	140000	160000	200000	450	755	900
8	8,5	165000	185000	240000	600	950	1150
9	9,0	195000	215000	285000	820	1250	1450
10	9,5	230000	246000	-	1100	1650	-
11	10	270000	283857	-	1400	1985	-

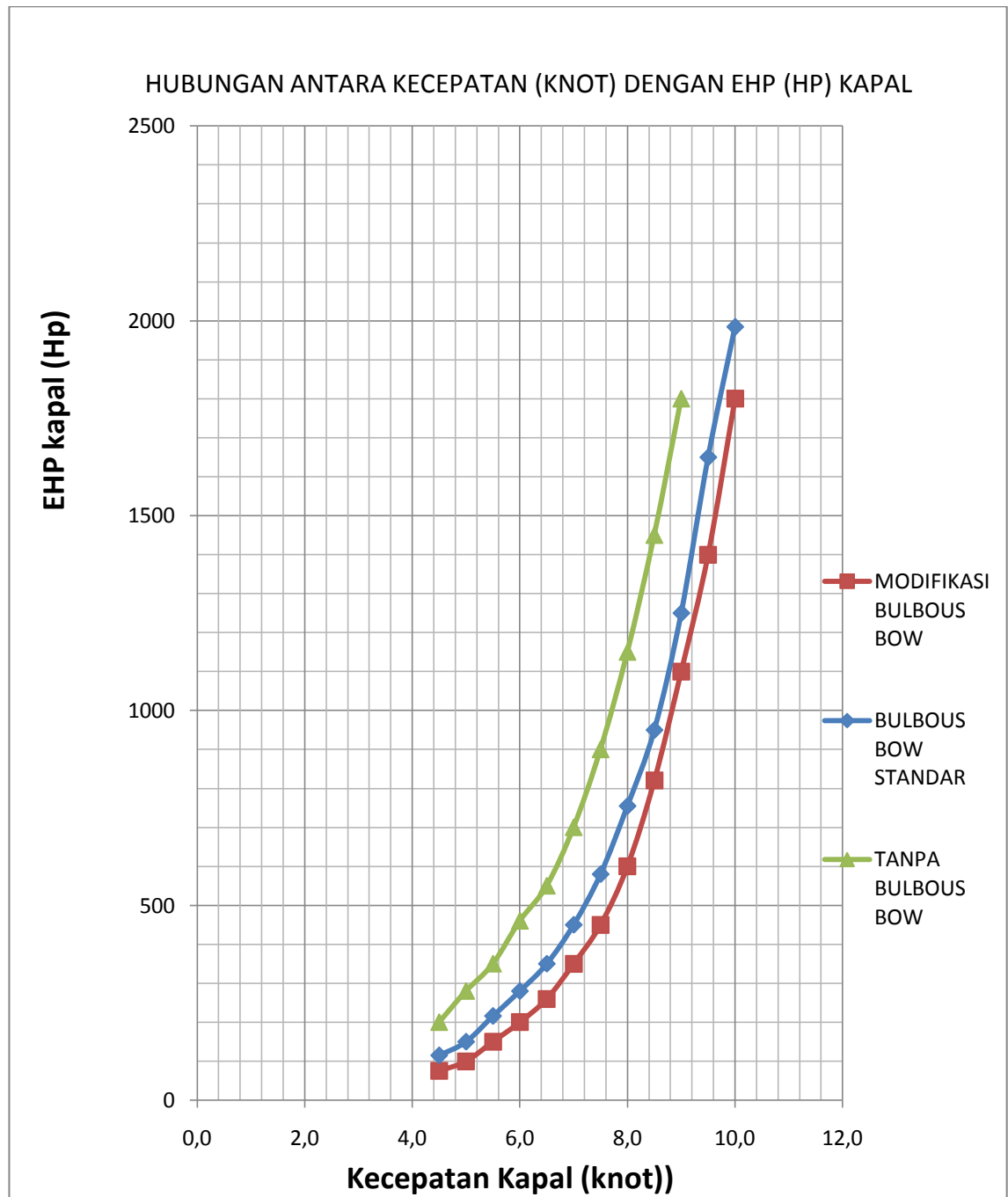
Sumber : Bulbous bow standar : Hasil Olahan 2011

Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Kecepatan dengan Tahanan Kapal
dari Hasil di Laboratorium



Sumber : Hasil Olahan 2011

Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Kecepatan dan daya Efektif Kapal dari Hasil di Laboratorium



Sumber : Hasil Olahan 2011

4.6. Perhitungan Tahanan dan Daya Efektif Kapal dari Hasil Aplikasi

Maxsurf dengan Menggunakan Metode Holtrop

Berdasarkan hasil perhitungan dengan bantuan *maxsurf* yang menggunakan metode *holtrop*, hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.7 berikut ini.

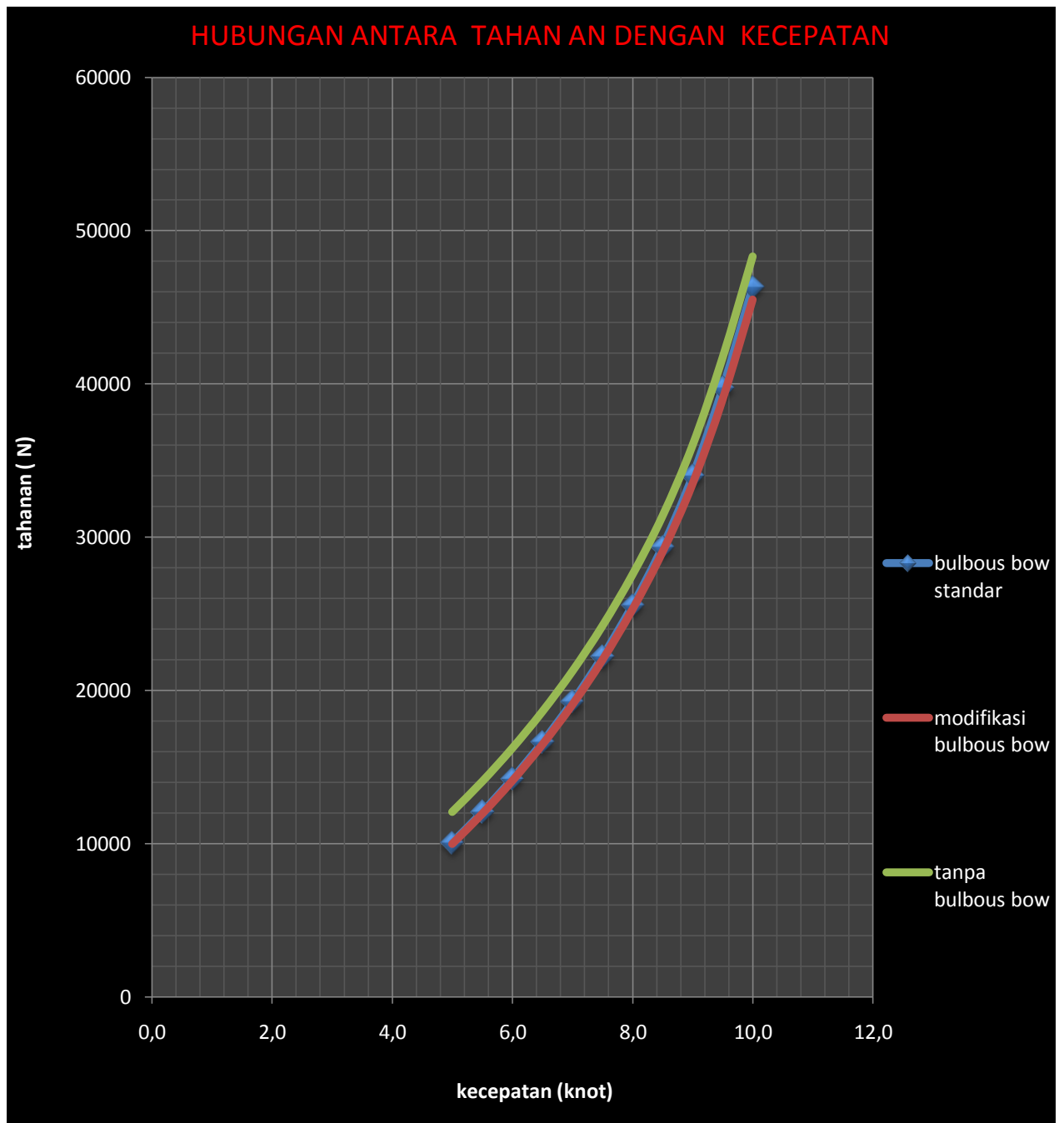
Tabel 4.6 Hubungan antara Tahanan (N) dengan Kecepatan (knot) Kapal

No.	Kecepatan (knot)	Tahanan (N)			EHP (Hp)		
		modifikasi bulbous bow	bulbous bow standar	tanpa bulbous bow	modifikasi bulbous bow	bulbous bow standar	tanpa bulbous bow
1	5,0	9968,310	10063,08	12063	34,38	39,96	53,72
2	5,5	11934,910	12048,02	14047,94	45,29	45,71	59,47
3	6,0	14087,100	14220,71	16220,63	58,31	58,86	72,62
4	6,5	16448,100	16605,47	18605,39	73,76	74,46	88,22
5	7,0	19056,890	19243,51	21243,43	92,03	92,93	106,69
6	7,5	21976,240	22202,08	24202	113,71	114,88	128,64
7	8,0	25277,610	25547,8	27547,72	139,51	141	154,76
8	8,5	29028,300	29373,82	31373,74	170,22	172,25	186,01
9	9,0	33476,340	33986,89	35986,81	207,85	211,02	224,78
10	9,5	38984,200	39704,63	41704,55	255,50	260,22	273,98
11	10	45502,960	46308,08	48308	313,92	319,47	333,23

Sumber : Bulbous bow standar : Hasil Olahan Maxsurf 2011

Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara Kecepatan dengan Tahanan dari Aplikasi

Maxsurf



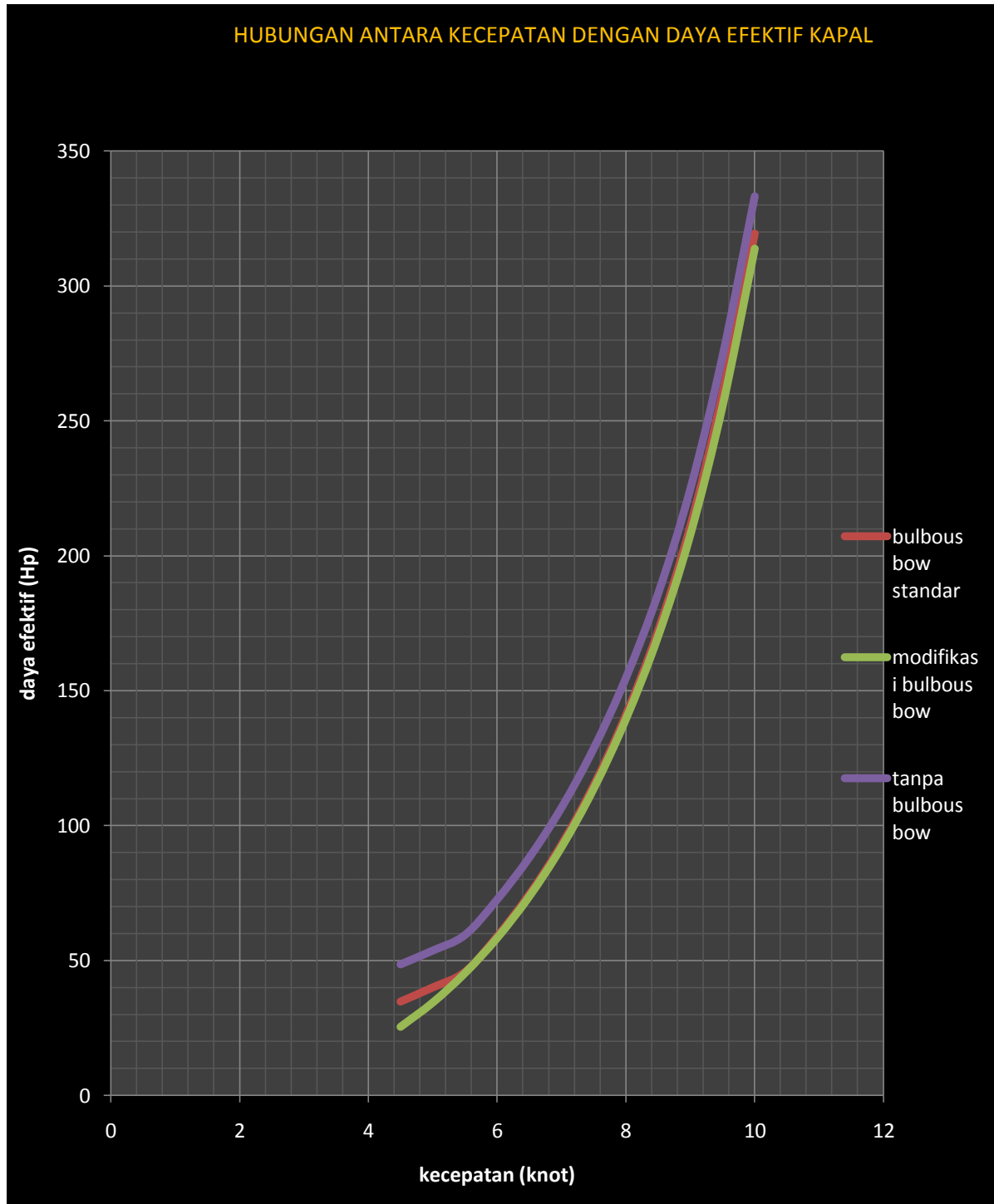
sumber : Hasil Olahan Maxsurf 2011

Tabel 4.6 Hubungan antara Daya Efektif Kapal (Hp) dengan Kecepatan (knot) kapal

No.	Kecepatan (knot)	EHP (Hp)		
		modifikasi bulbous bow	bulbous bow standar	tanpa bulbous bow
1	5,0	34,38	39,96	53,72
2	5,5	45,29	45,71	59,47
3	6,0	58,31	58,86	72,62
4	6,5	73,76	74,46	88,22
5	7,0	92,03	92,93	106,69
6	7,5	113,71	114,88	128,64
7	8,0	139,51	141	154,76
8	8,5	170,22	172,25	186,01
9	9,0	207,85	211,02	224,78
10	9,5	255,50	260,22	273,98
11	10	313,92	319,47	333,23

Sumber : Hasil Olahan Maxsurf 2011

Gambar 4.10 Grafik hubungan Antara Kecepatan dengan Daya Efektif dari Aplikasi *Maxsurf*



Sumber : Hasil Olahan Maxsurf 2011

4.6. Hasil Analisis

Besarnya tahanan dan daya efektif kapal yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 10 knot pada kapal dengan modifikasi bulbous bow dari hasil percobaan adalah 270 kN dan 1800 Hp sedangkan yang diperoleh dari *maxsurf* 45,50 kN dan 313,92 Hp. Untuk kapal dengan bulbous bow standar, tahanan dan daya efektif yang diperoleh dari hasil percobaan adalah 283,857 kN dan 1985 Hp sedangkan hasil dari *maxsurf* 46,308 kN dan 319,47 Hp. Kapal tanpa bulbous bow kecepatannya hanya mencapai 9 knot pada pembebanan yang sama.

Tahanan dan daya efektif kapal rata-rata untuk bulbous bow standar adalah 19,05% dan 24,28% yang diperoleh dari hasil percobaan sedangkan dari *maxsurf* 10,17% dan 18,82% lebih kecil dari kapal tanpa bulbous bow dan lebih besar 13,39% dan 40,85% yang diperoleh dari hasil percobaan sedangkan dari *maxsurf* 1,19% dan 4,81% jika dibanding dengan modifikasi bulbous bow.

Pada saat kecepatan kapal 10 knot, tahanan dan daya efektif kapal untuk bulbous bow standar yang diperoleh dari hasil percobaan adalah 4,88% dan 29,46%, sedangkan hasil yang diperoleh dari *maxsurf* adalah 1,74% dan 1,74 lebih besar dibandingkan dengan modifikasi bulbous bow.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada pembahasan sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Besarnya tahanan dan daya efektif kapal yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 10 knot pada kapal bulbous bow standar adalah 283,857 kN dan 1985 Hp dari hasil percobaan sedangkan dari *maxsurf* 46,308 kN dan 319,47 Hp dan untuk kapal dengan modifikasi bulbous bow adalah 270 kN dan 1400 Hp dari hasil percobaan sedangkan 45,402% kN dan 313,92 Hp dari hasil *maxsurf*.
2. Besarnya nilai tahanan dan daya efektif yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 10 knot pada kapal dengan bulbous bow standar lebih besar 4,88% dan 29,46% dari hasil percobaan sedangkan dari *maxsurf* 1,74% dan 1,74% jika dibandingkan dengan kapal modifikasi bulbous bow.

5.2 Saran

Untuk hasil yang lebih baik perlu dibandingkan lagi dengan kapal yang dibuat di daerah lain agar diperoleh hasil yang lebih baik.